

電磁ノイズの観測と分析に関して

Toshiaki Fukushima

2009 年 8 月 13 日

目 次

1	計測の方法について	1
1.1	電磁ノイズの観測と分析	2
1.2	低周波から高周波（放射線）の電磁ノイズ検出に関して	5
1.3	インパルス応答の計測	7
2	具体的な計測結果	8
2.1	電磁ノイズの減衰と、被害との相関	9
2.2	被害者の発声、可聴している音に生じる異常な現象	12
2.3	思考盗聴の可能性	24
2.4	超音波に関して	26
3	証明とプライバシーに関して	28
3.1	証明の他のアプローチ	29
3.2	高度な暗号を使う上で必要な概念に関して	31
4	分析に必要な基礎公式（備忘録として）	34

1 計測の方法について

前書き

加害によると思われる電磁波の計測を行っている被害者も多い筈ですが、明確な証拠が出たと言う話は聞きませんし、この被害は、少なくとも数十年前から報告があるにも関わらず、科学的な検証の方法論すら不明なのは不思議な事です。

止む無く、自ら科学的な方法論による被害の証明に挑みました。これは、そのまとめです。現段階では、十分に分析が行われたとは言えないですが、しかし、観測と分析を繰り返す事と、創意工夫を持ってすれば、必ず証明は完成すると思います。

此れまでの観測でも、貴重な結果が得られていますし、協力者が得られれば、更に、研究を加速する事ができると思われます。現在は、私を含めて二名の研究者（ボランティア）がいるに過ぎません。我々の研究を加速するためにも、一緒に研究をして頂けるボランティアを望んでいます。

1.1 電磁ノイズの観測と分析

音声送信、不自然な体の痛み、マイクロ波によると考えられる火傷など、不自然な現象を解明すべく電磁波の検出と分析を開始しました

電波を単周波数毎に検出するか、或いは、スペクトラム・アナライザーによる周波数分析により、加害電磁波は捉えられると考えられます。しかし、この方法で、すべての電磁波を捉えるには莫大な費用が掛かると予測できます。その理由として、以下のような事実が存在します。

- 超低周波からエックス線帯域以上の電磁波を捉えるには、複数の高価な測定器を駆使しなければならない。
- 電磁波の変調の方式により、異なる解析を必要とする。変調方式が特殊な場合は、汎用の分析法では間に合わない可能性がある。変調の方法は、多くの方式が存在しており、知られる限りの変調方式の中に、加害に使われている変調方式が含まれている確証は無い。
- 電磁波がデジタル変調されていた場合は、如何なる分析も役には立たない。これは暗号解析と同じ原理であり、高度な暗号を解く事は確率的に言って不可能。

このように既存の方法論を使用して加害電磁波を検出しようとした場合、宝くじを当てるのと同じような確率でしか発見には至らない原理が存在します。

この事情を考慮した上で加害電磁波を調査しなければなりません。

しかし、創意工夫を持てれば、電磁波を検出する事自体はそれ程難しくないのである。人を貶めるほどの強力な電磁波を使えば、必ず電磁ノイズが発生します。これは、家電製品などの不自然な誤動作という形でも知る事ができますし、IC レコーダー、テープレコーダーを利用する事でも、電磁ノイズを確かに捉える事ができます。

問題は、ノイズの記録から、波形を見ただけでは、何も分からないという事です。捉えた電磁ノイズは、加害者が照射しているという確かな証拠が存在する場合を除いて、電磁ノイズの記録を意味のある形に変換しなければなりません。

電磁ノイズを科学的な分析に掛ける事により、家電製品等から出るノイズとは明らかに異なる特殊な特徴を洗い出す事で、意味のある情報が得られるようになります。その方法はそれほど難しい物ではありませんし、電磁ノイズに関する限り、広範囲な周波数帯域に対応できます。まさにオールバンド・レシーバーと言った所です。

例えば、レコーダーで、ステレオ録音した場合に、チャンネル間の波形の類似性（相関）を問えば、レコーダーのノイズであれば、左右チャンネルでノイズ波形は異なるので、類似性は低い値になります。

しかし、電磁ノイズが外部から伝播して来たものであれば、それぞれのチャンネルに同じ波形が記録される筈です。この場合、チャンネル間の類似性を示す値は非常に高い値になります。この原理を利用する事で、電磁波の到来を知る事ができます。

捉えられたノイズが、音波による物なのか、電磁波による物なのかを、明確にしなければなりません。そこで、プラグを配線をせずに、プラグだけを録音ジャックに差し込みます。こうする事で、マイクを切り離れた状態で録音を行えますから、音波と電磁波の識別が可能となります。工夫次第ではマイクの代わりにアンテナを用いる事もできる分けです。

現在までの調査で判明した事としては、

1. 洞窟内部での電磁ノイズの記録から、チャンネル間の相互相関の値が小さい時に、声被害が減少し、或いは、一時的に被害が無くなる事が判明しました。電磁ノイズと被害は相関が有る事になります。被害が電磁波によるものだと科学的に証明されたのです。
2. 被害者が自分自身で記録（録音）した、自身の声のスペクトル波形に、明らかな異常が発生している事実があります。非常に特徴のある電磁波が被害者に照射されていますし、今後の研究次第では一大発見となります。この分析には短時間フーリエ分析を用いています。
3. かなり強力な電磁パルスが捉えられています。この事は、波形の振幅を確認するだけで知る事ができます。推定では最低でも数十万ボルトの高電圧が人体に発生していると予測しています。
4. 左右のチャンネル間で位相の揃わない超低周波が発生しています。通常であればレコーダーには記録できない筈の超低周波ですが、何と、超低周波帯域が記録波形のピークになっているのです。所謂 $1/f$ ノイズ（フラクタル・ノイズ）と言われているものですが、しかし、15ヘルツ以下の周波数帯域にピークが存在するのは、あまりにも異常な現象です。多くの被害者の記録で確認しています。この現象は直接の低周波による物では無い事も分かって来ました。高周波の電磁ノイズが、短時間に直流のバランスを変動させる為に生じているのです。恐らく PWM 変調された電磁パルスが使われているのでしょう。

これ以外にも幾つか判明している事が有りますが、別の機会に譲りたいと思います。

分析という道具を駆使する事で、電磁ノイズの中に、被害に関係している電磁波が含まれる事が確認されましたが、しかし、解析、分析を駆使しなければ、判断が困難な調査でもあります。これらの事実を、一人でも多くの被害者に検証して頂く事で、電磁波被害の実態と、加害者が用いている装置の原理が浮き彫りになると考えられる訳です。

現在用いている分析法としては、

- 自己相関、相互相関
- 周波数分析（高速フーリエ変換、FFT）
- 短時間フーリエ変換（short-time Fourier transform, short-term Fourier transform, STFT）
- 畳み込み（コンボリューション）を用いた特別な分析。
- フィルター処理 これは畳み込みを用いた線形位相（FIR）のタイプです。
- TSP、M 系列乱数を用いた音波での、室内のインパルス応答の計測。
- 上記のグラフの作成

極めて基礎的な分析法に留まっていますが、威力は絶大です。

幾つかの分析は、エクセルでも行う事ができますし、基本的に、分析はオープンソースのライブラリーを用いて行っていますので、ここに挙げた分析は、すべて無料で行う事ができますし、分析の手間が掛かる事は確かですが、誰でも格安で調査を行える（始められる）事が最大の利点だと思います。十分に科学的な手法ですから、得られた結果は再現性が存在し証明能力を持ちます。

分析に使用しているオープンソースのソフトとフリーソフト

コンパイラー等	ライブラリー	プロッター	アナライザー	映像用
Borland C ⁺⁺ Builder 5.5 GCC 3.4.5 perl 5.6.1.630	fftw3 gsl 1.8	gnuplot 4.2	Wave Surfer ver1.8.5 Wave Master2 Wave Spectra Ver1.31 WinSona Ver1.0 SpWave Ver0.6.8 Sonic Visualiser 自作のソフト	Image Analyzer Ver1.26.2

PCのサウンドカードを用いて、リアルタイムの分析が可能となるようにプログラムを作成する事と、工夫次第では、電磁ノイズの周波数（波長）、到来の方向などに関する情報が得られるようになる筈です。現在は、リアルタイムの計測は行っていないですが、今後の課題として重要と考えています。

電磁波の周波数に関する情報は貴重ですが、現在の所、左右チャンネルのノイズの不揃いなどから推定可能な事として、波長のサイズは数センチ以下と推定しています。

電磁波の場合、海水中での減衰特性に大きな特徴が存在しますので、レコーダーを防水ケースに入れて、海水中で記録を取る事ができれば、大気中で観測された電磁ノイズとの比較により、有力な情報が得られるものと期待されます。

1.2 低周波から高周波（放射線）の電磁ノイズ検出に関して

チェルノブイリ原子力発電所の事故が発生した時、報道が撮影したビデオ映像と音声には、明らかに不自然なノイズが記録されていたと記憶している。報道の内容も、この事に触れていたと思う。

元々、放射線（X線など）の検出には、写真感光剤と同じ原理が使われているのだから、強力な放射線により、写真感光剤が放射線を捉えているのは当然の事としても、明らかに、音声にも「ザー」「パチッパチッ」というノイズが含まれていた事を覚えている。

考えて見れば、X線などは自然界にも存在する分けだし、確率的に少ないとは言え、電子回路内に放射線、宇宙線が混入すれば、電圧に変動が出て不思議ではないとも考えられる。高エネルギーの粒子が電子回路に衝突して、減速、又は、他の粒子が発生したとすれば、何れにせよ、過剰なエネルギーを放射して、電磁波を発生する事が分かっているのだから、明らかに電界の変化を齎す事になる。

この現象による電子機器の誤動作等を、専門家はシングレイベントと呼んでいて、研究の対象にもなっている。衛星、宇宙船内での機器類が破壊しないように、高エネルギー線による電子回路の破壊、誤動作問題は、重要な研究課題と考えて間違いない。

これ等の事を考慮すれば、ICレコーダー、テープ・レコーダーでも、放射線に反応し、ノイズという形で検出が可能だと判断できる。

しかし、低周波に関しては、レコーダー内部にフィルターが組み込まれているので、あまり低周波までは記録できない原理がある。それでも、通常は50Hz位までは問題なく記録できる。

性能的にはともかくとして、音声レコーダーは、超広帯域受信機（オールバンド・レシーバー？）として代用する事が可能だと言う事になる。音声の周波数帯域内に、高周波のノイズを記録する事が可能であり、決して高周波の電磁波に感応しない分けではない。チェルノブイリの事故は、この事を教えてくれる。

強力な電磁波が照射されれば、広範囲な周波数帯域で、電磁ノイズを記録する事は可能だと考えられる。家電製品が誤動作を起こすような電磁波が存在しておれば、レコーダーにも同様な現象が発生しているのだから、波形には何らかの影響がある筈で、この事からも予測できると思う。

全ての周波数帯域で発生している電磁波を、同時に捕らえ得るとしても、得られた記録からは、周波数は特定できない事になるが、工夫を凝らす事で、この問題は解決する事ができる。

電磁波の伝搬には面白い特徴が存在している。周波数により、物質内での減衰率が大きく異なる。この事を応用して、例えば、防水ケースなどを利用して、水中にレコーダーを沈めて観測を行えば、レコーダーを沈める深度と、電磁波の減衰率特性曲線から、記録されている電磁波の周波数を特定する事が可能となる。

レコーダーを利用した観測と分析を行う事の利点は、他の測定器では困難な、時系列に沿ったデータのサンプリングを行える点にあると思う。単なるメーターの表示を追うのとは異なり、分析グラフには、時間に沿った変化が得られる分けて、電磁ノイズの変化する様子を目の当たりにする事が可能になる。

トリフィールド・メーターで反応があり、レコーダーでは、波形に反応が無い事がある。しかし、分析を行う事で、大抵の場合は、波形の変化を導き出す事が可能となる。波形の変化は、振幅レベルだけとは限らない。経験上分かっている事は、振幅波形を一見しただけでは、レコーダーで計測する意味は殆どない事である。何らかの分析に掛けない限り、有意な情報を得られる可能性は殆どない。唯一、強烈な振幅変化を伴う、電磁パルスの記録を除いては。

1.3 インパルス応答の計測

インパルス応答を計測する事は、一般的には非常に面倒な事であり、不慣れな手で曖昧な計測結果を得た所で問題のある結果しか得られない。しかし、敢えてインパルス応答を計測する特別な理由がある。

スピーカーからシグナルを出力し、マイクから録音を行う際に、機器類から出ている電磁ノイズが紛れてしまう。ノイズの大きさによっては目的が果せない事もあり得る。この場合、シグナルの出力を上げて、ノイズの大きさよりも相対的に大きなシグナルを使用する事で目的は果せる原理になる。

しかし、実際にはシグナルは一定以上の大きさに上げる事はできない。歪みが発生して高調波が伴い、あるはずのないシグナルが生じてしまう。これではノイズどころではない、かえって問題が大きくなってしまう。

この問題の解決法としては、幾つかの方法が考えられる。一つには、より高出力に耐えうるスピーカーを利用する事で歪みを押さえる事ができる。しかし、別のアプローチも存在する。装置をそのままの状態、原理的に幾らでも望むだけ正確なシグナルを得る方法として、インパルス応答を使用する事ができる。

原理はとてもシンプルで、系の伝達関数（インパルス応答）を別に求めておき、シグナルにインパルス応答を畳み込むだけである。

何故この方法が有利なのかと言うと、時間軸に対して計測波を望むだけ分散する事ができる原理が存在するからだ。単位インパルスは、微小時間と力を掛け合わせた値を、単位になるように設定した概念だから、力が足りなければ、力を加える時間を長くする事で、力を補う事ができる。しかし、単純に考えれば、これではパルスでは無くなってしまう。

そこで、TSP、M 系列乱数を用いた相関法を採用する事になる。TSP、M 系列乱数を用いる事で、時間軸に対して分散した信号を、相関の計算によって再びインパルス化する事ができる。幾らでも時間を長くできる原理だが、実際には計算に使用するコンピューターによって制限が生じてしまう。しかし、現在のパソコンを使用する限り、実用上は十分な精度でインパルス応答を求める事ができる。ダイナミックレンジを桁違いに上げる事が可能になる。機器類を高性能な物に変えたとしても、この原理はそのまま有効だと思う。

この方法は、加害により発生している電磁ノイズを、跳ね除けるだけの力を秘めている。

2 具体的な計測結果

現在までに判明している事は、少なからずあるのですが、細かい事をすべて列挙する分けにも行きませんので、重要な事を三点ほど述べたいと思います。

- 山中、洞窟内で観測された記録を分析しますと、電磁ノイズが明らかに減少しています。この時、声被害も減少する事が判明しています。
- 被害者の発声する声のスペクトルに大きな異変が発生しています。
- 強烈で連続的な電磁パルスが観測されていますし、被害者の身体に高電圧が発生しています。この強烈な電磁パルスを観測する事で、集団ストーカーがネットワーク化されている事が分かります。

2.1 電磁ノイズの減衰と、被害との相関

山中、洞窟内で観測されたデーターを分析したところ、街中での観測値とは明らかな違いが見られました。データーから分かるのは、電磁ノイズと音声被害は、明らかに相関がある事です。

次の連続した2ページに示した相関グラフは、一番上側が相互相関、中央と、その下のグラフは、それぞれのチャンネルの自己相関です。

自己相関関数と相互相関関数を見比べますと、最初のページのグラフは、スケールが 50:120 50:200 の比率が存在しますが、更に、もう一つ先のページでは、10:70 10:70 の比率です。

1.1 で述べたように、ステレオで録音をした場合、左右チャンネルでのレコーダーのノイズは異なりますから、相関は無い筈です。しかし、電磁ノイズが記録されていた場合は、それぞれのチャンネルに同じ波形が記録されますから、相関に関して、類似性の値は高くなります。下に示した値は、相関値（連続共分散）の比率です。

$$120/50 = 2.4$$

$$200/50 = 4$$

$$70/10 = 7$$

街中での比率と、洞窟内では、大きな比率の違いが発生している事が、グラフから読み取れます。そして、洞窟内では、声被害が殆ど無い状態になったとの証言が、複数報告されています。

尚、ここで相関と表現している計算は、実際には、連続相関、連続共分散値の事です。詳しくは、34 ページの分析に必要な基礎公式（備忘録）を参照してください。

窓サイズ 131072

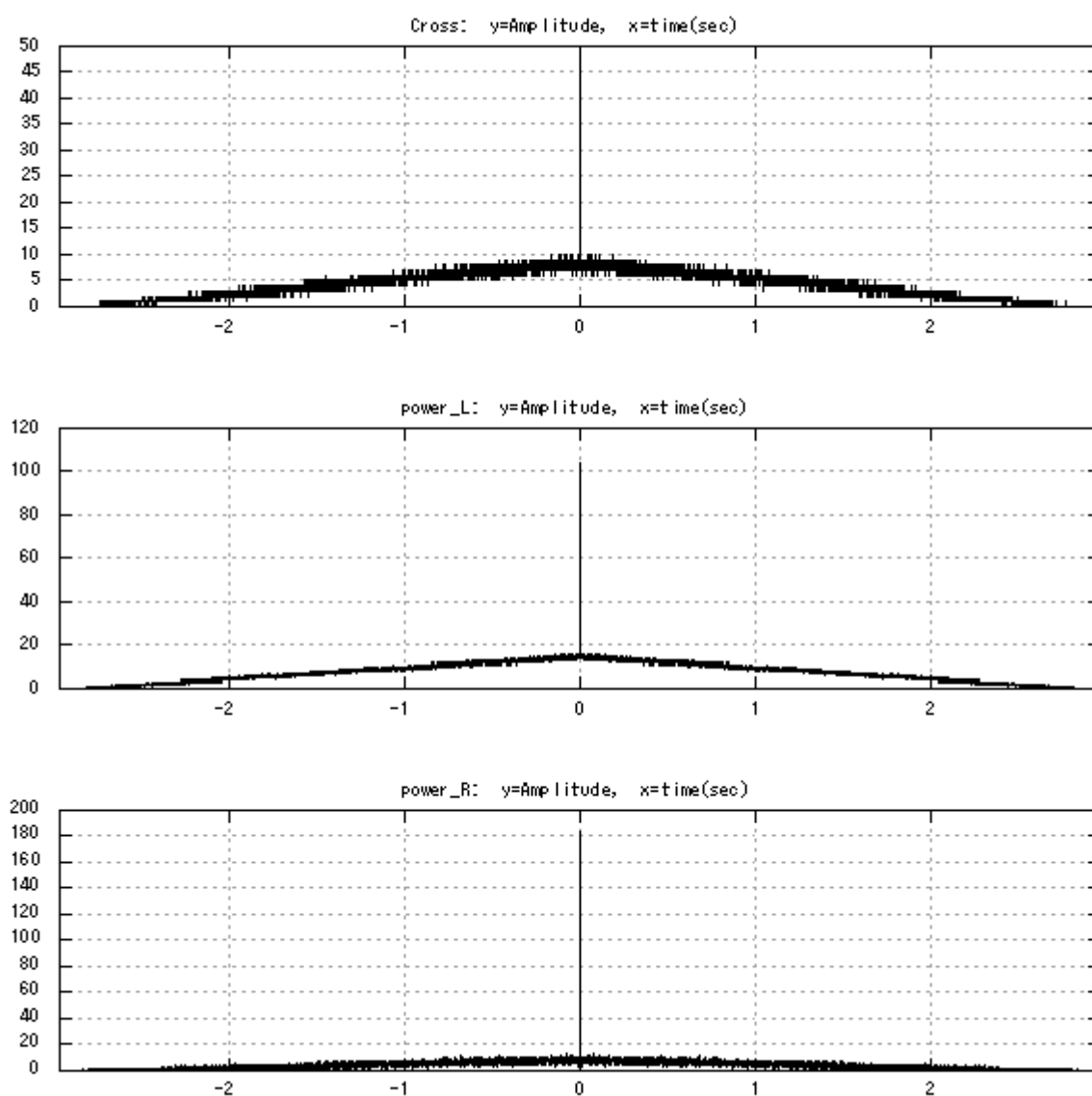


図 1: 自宅室内で観測

窓サイズ 131072

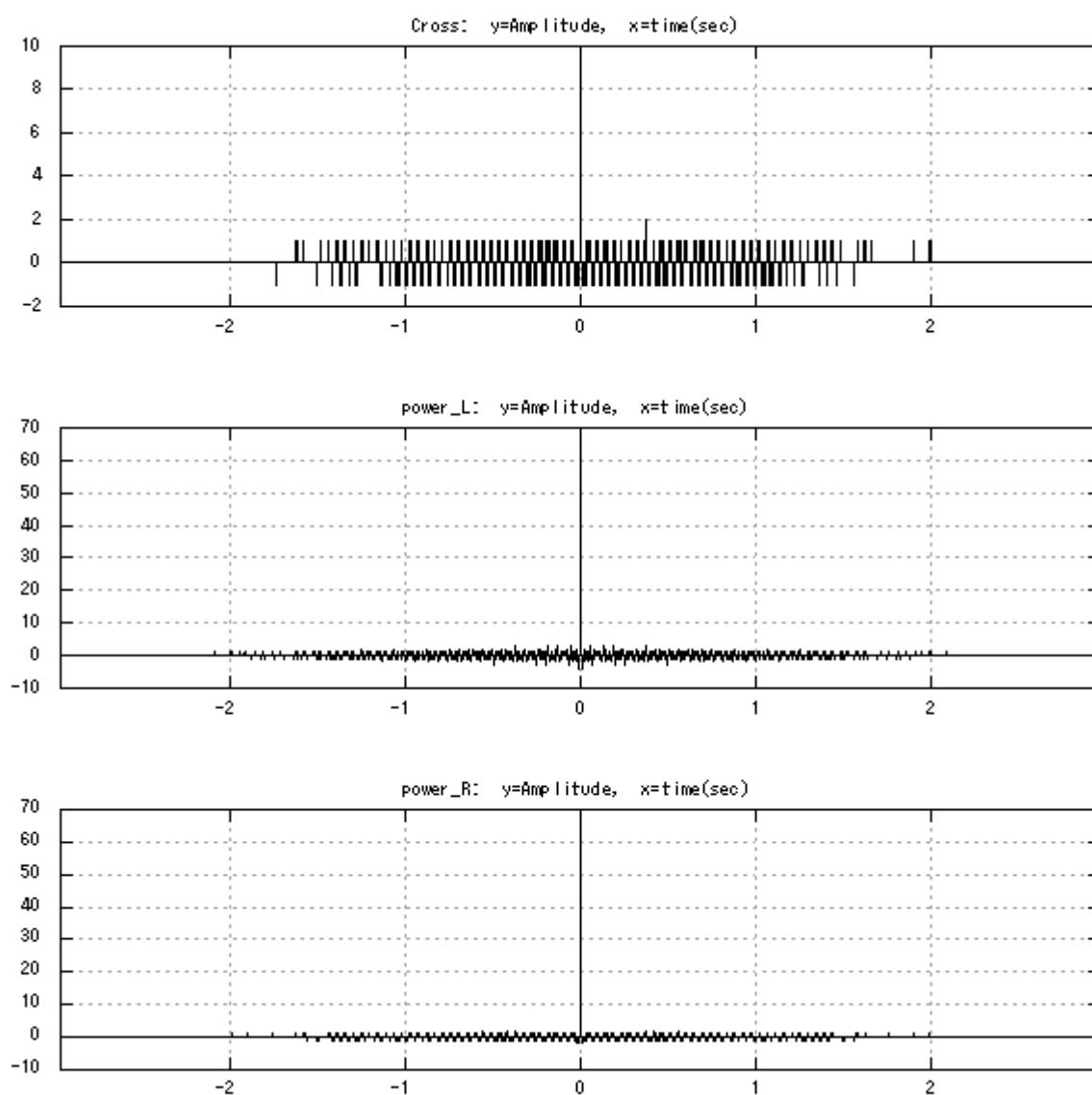


図 2: 洞窟内で観測

2.2 被害者の発声、可聴している音に生じる異常な現象

加害行為による人体への電磁波の照射で、高電圧が発生している事が分かっていますが、この電圧は高電圧の発生だけでなく特殊な変動が生じています。更に、被害者の発声、被害者が可聴する音に反応します。(位相レベルで、音波振動に追従する電磁波が、被害者に照射されてると考えられるのです。)

言い換えると、この電圧変動は音波振動に敏感に反応するわけです。

そこで、発声ソフトを用いて、安定な音声のサンプルを用意し、スピーカーから再生してみました。

スピーカーから、「マイクのテスト中」と、音を再生し、同時にマイクから録音を行います。被害者(私)は、ただ音を聞いているだけで何もしませんが、しかし、録音された音を分析しますと、あり得ない現象が起こっているのです。これを証明したいと思います。

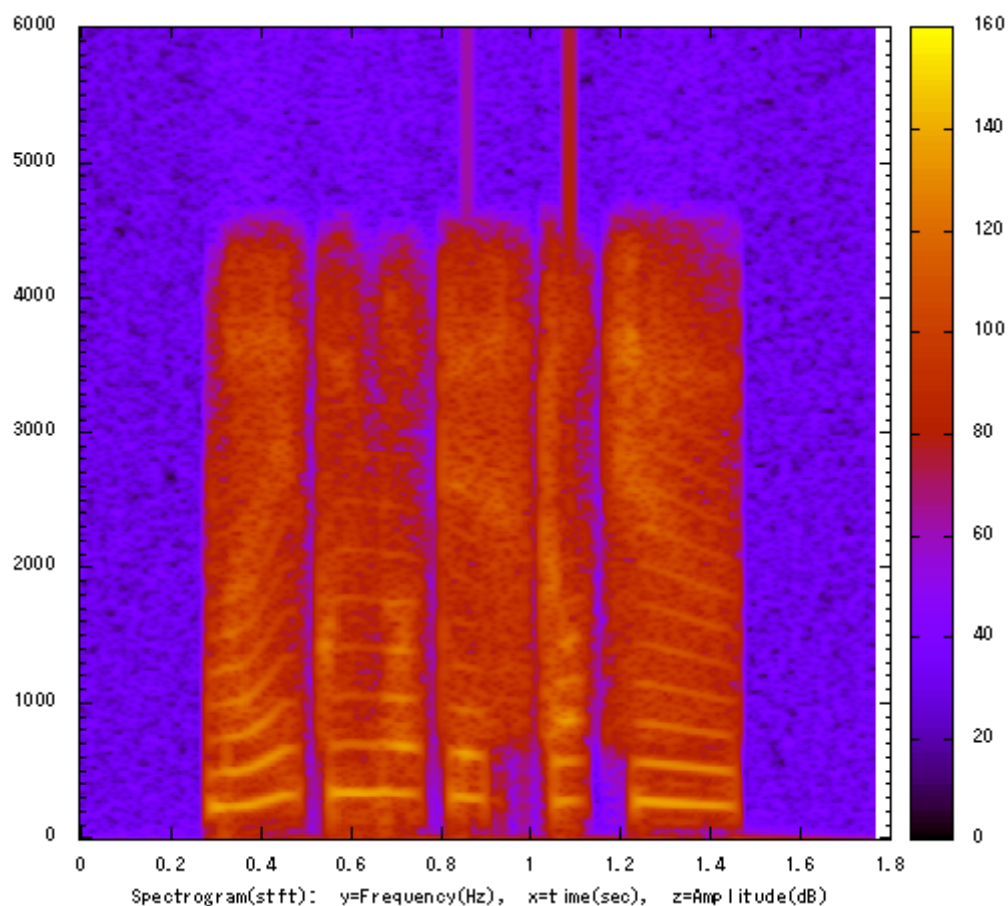


図 3: 原音波形

最初のグラフは原音から描いたものです。このグラフと以下のページに描かれているグラフを比較する事で異常な現象が発生している事が分かります。各ページのコメントを参照して下さい。

グラフの作成に際して使用した機材とグラフの分析データーです。

録音機材

サウンド・カード Vortex MPU-401
 マイク PC98 に添付されていた物 NEC 製 モノラル
 サンプリング周波数 44100Hz

STFT グラフ作成の条件

窓関数 hanning
 FFT サイズ 4096
 窓サイズ 2048

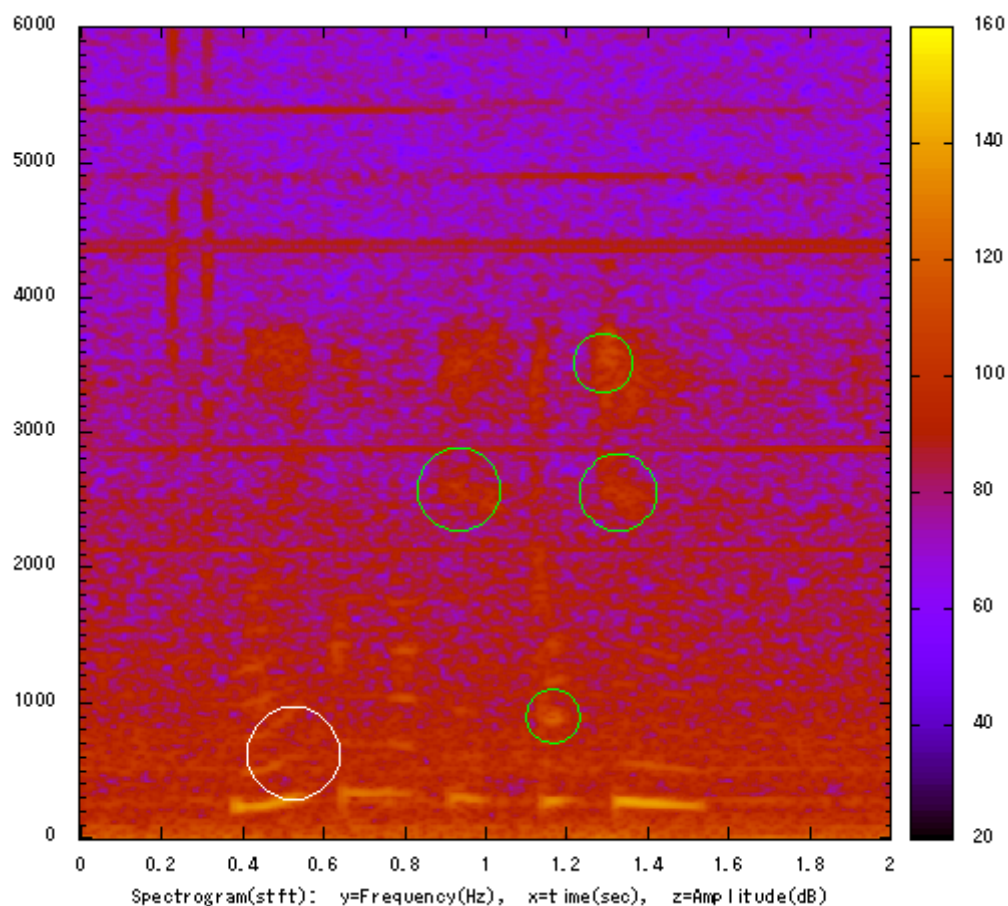


図 4: 再生と同時にマイクから録音

再生と同時に録音を行ったファイルから描いたグラフです。

録音後のファイルから作成したグラフを見て頂きますと、グリーンの丸印の位置は原音と同じスペクトル形状をしています。つまり、このスペクトル位置ではノイズの発生は無いと判断できます。

しかし、白の丸印の位置では明らかに消えてしまったスペクトルが確認できます。更に、この周波数帯域（横一直線に）は殆んどすべて、スペクトルが消滅しています。

よく観察しますと、不自然に消失したスペクトルが、他の位置でも確認できると思います。

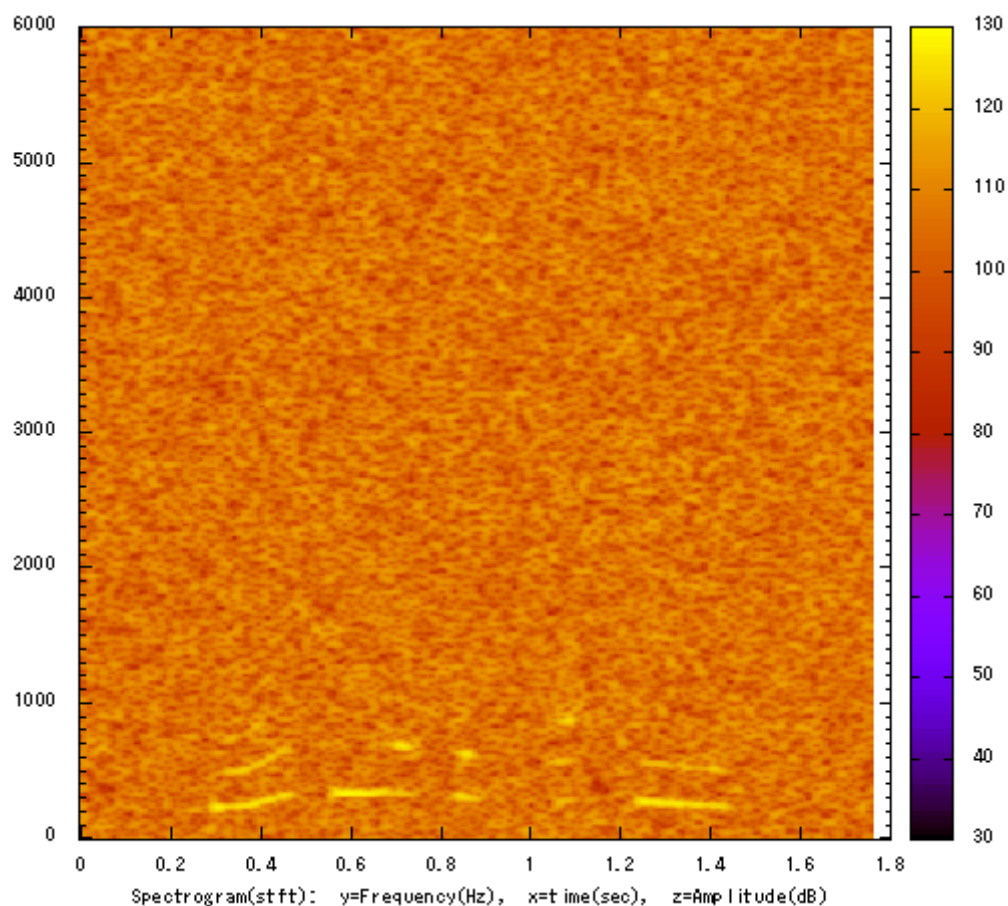


図 5: 源音にランダム・ノイズを加算

そこで、どの程度のノイズが発生すれば、スペクトルが消滅するのか、試しにランダム・ノイズをミキシング（単純に加算）して確認します。上のグラフはその結果です。

加算したノイズと信号（音声）の比率は次の通りです。

ノイズ 70 パーセント

信号 30 パーセント

再生すると分かりますが、凄いノイズです。

白い丸印の位置のスペクトル形状は、このノイズでも失われてはいません。この位置のスペクトル形状が失われるようなノイズは、相当激しい物だと判断できます。

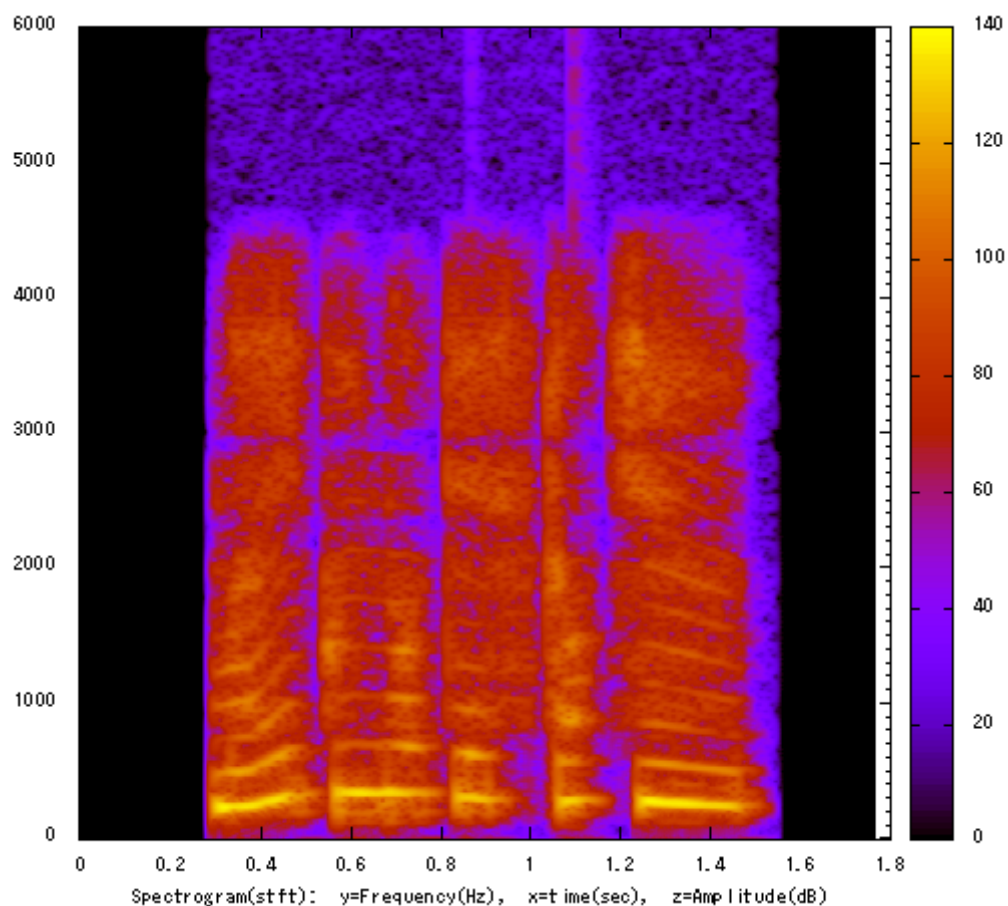


図 6: 源音にインパルス応答を畳み込み後

今一つは、インパルス応答を計測して、源音に畳み込みを施したグラフです。

室内の伝達関数（伝播特性）により、信号が強弱するスペクトルの周波数が現れています。しかし、奇怪な現象と比較しますと、その周波数がまったく異なる事がグラフから判断できると思います。

言い換えるとスペクトルが消える位置がまったく違うのです。

この事から室内の特性とは無関係な現象だと判断できます。

インパルス応答を測定する際に用いた機材（スピーカーとマイク等）は同じ物を使用していますし、位置等も固定したままですから、伝達関数は安定している事が保証されますし、インパルス応答の計測には TSP 法を用いていますので、少々電磁ノイズはダイナミックレンジ的に言って影響しないレベルにまで軽減されています。

グリーンの印位置と、白の印位置では、信号のダイナミックレンジが約 35dB あります。グリーンの印位置のスペクトル形状は失われずに再現されていますが、白の印位置のスペクトル形状は失われています。

信号レベルの小さい方のスペクトルが、明確に記録されているにも関わらず、それよりも信号レベルの大きい方のスペクトルが消滅しているのです。

室内の伝達関数によるものではない事は確かですし、ノイズによるものとも思えません。

結論しますと、波形から見る限り、スペクトルが消滅するほどのノイズが存在する分けてもなく、しかし、確かにスペクトル・パターンが消滅するのです。

不思議な現象であり、じつに奇怪な事です。

位相が 180 度反転した信号（電磁波による電圧）が発生していて、元の信号と打ち消し合う事でもない限り、このような現象が発生する事はない筈です。

これらのグラフを見比べる事で、異常な現象を捉えている事が判断できると思います。

私の記録だけでなく、被害者の記録（録音）には、このようなスペクトルの欠損、消滅が多く見られ、共通した現象と考えられます。

類似した問題として、ホワイトノイズを源音ファイルに畳み込んだ音¹⁾と、被害者の録音した記録波形に相似点が見られます。

被害者の録音からグラフ（STFT）を描きますと、スペクトルが横一直線に伸びた状態の、特徴的なスペクトルが、発生する確率が高いのですが、その様子が非常に類似している事実があります。この事は、盗聴した音波振動を、変調して、再び被害者に照射している根拠と見なせるのです。上の事実とも符合します。

空気中における電磁波の伝播スピードと、音波のスピード差を考慮しますと、波長によって、同じ現象であっても、一見すると、異なる記録がなされる可能性があります。スピーカー、マイク、被害者の体の位置の相対的な配置によって打ち消し合う周波数にずれが生じる事は確かですし。

この事から考えますと、スペクトルの欠損という問題は、信号が打ち消し合うだけでなく、強め合う事も考えなくてはなりません。奇怪な現象は、この意味からも不自然です。

壁に反射した音は、大概が減衰して戻って来ますが、より遠くの壁で反射した反響音の方が減衰率が大きい事が分かっていますので、拡声器でも使用していない限り、このような一連の現象は原理的に生じない理屈になります。

何らかの方法により音波振動が盗聴されていて、盗聴した音と相関性の高い電磁波が生じていない限り、発生し得ない現象を捉えていると考えられます。

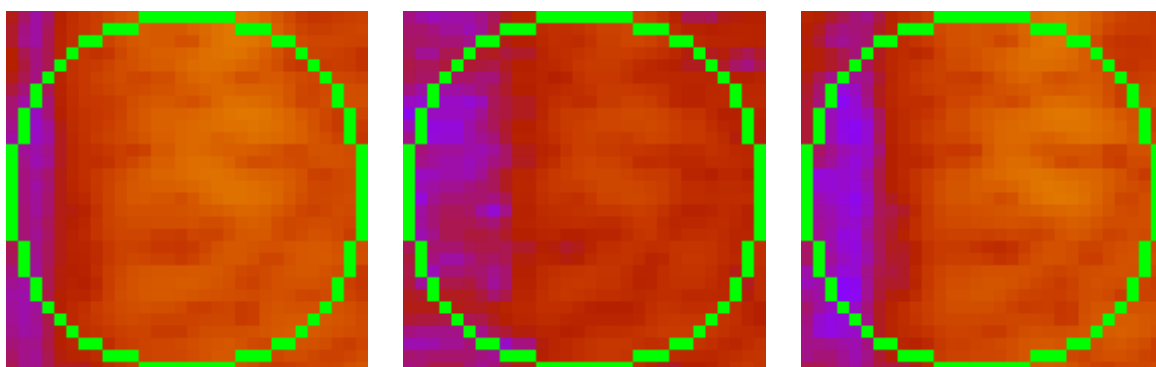
原音、録音後のスペクトログラム、室内のインパルス応答を原音に畳み込みしたグラフを見比べて見ますと、100Hz 以下の周波数帯域に、明らかに、超低周波被害によると思われる現象が記録されています。

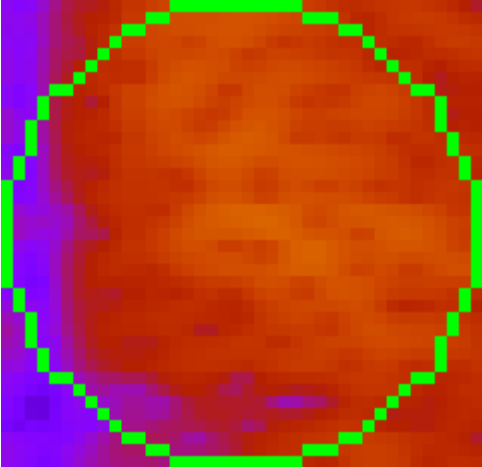
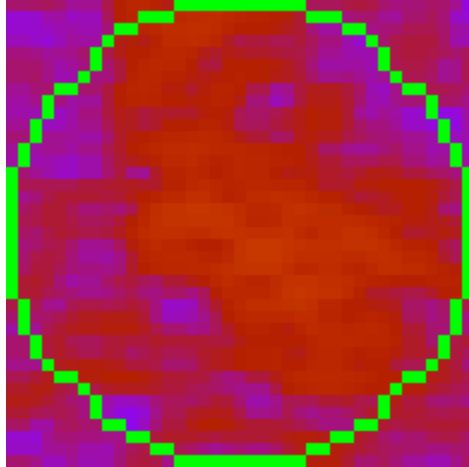
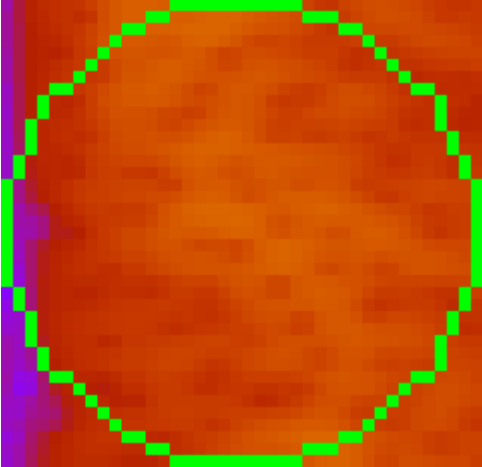
室内のインパルス応答とは無関係であり、レコーダーの性能的に言っても記録不可能なはずの超低周波が記録されている事と、電磁パルスが頻繁に記録される事などから推測して、PWM 変調された高周波の電磁パルスが、超低周波帯域の振動現象が記録される原因と推定しています。

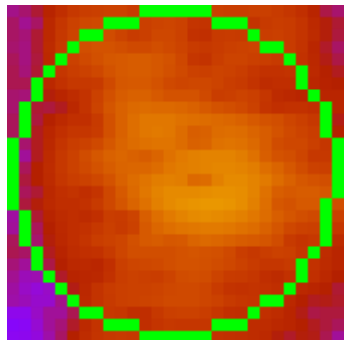
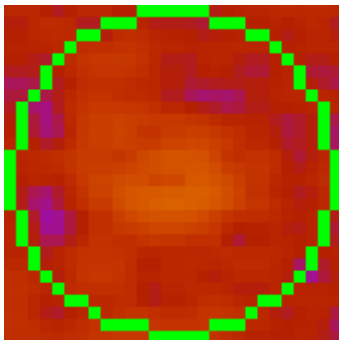
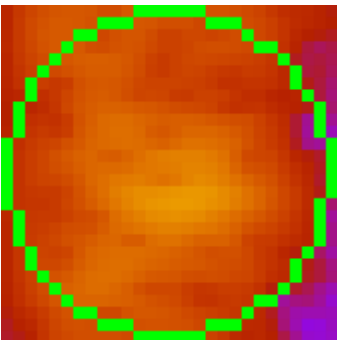
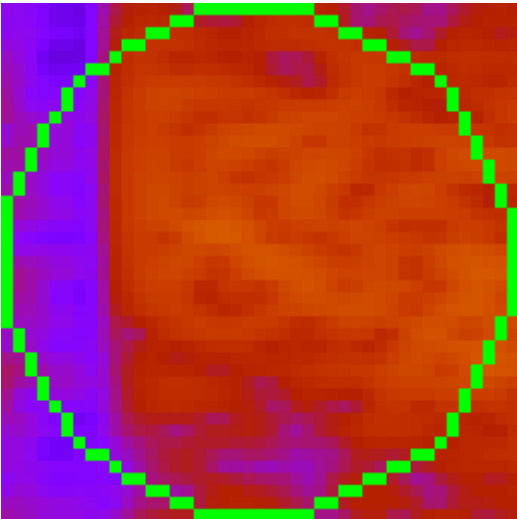
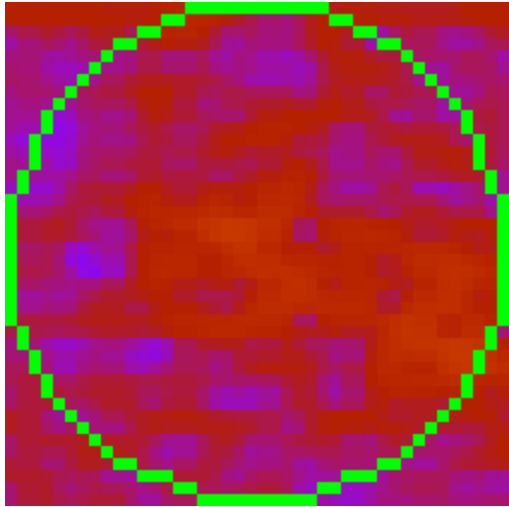
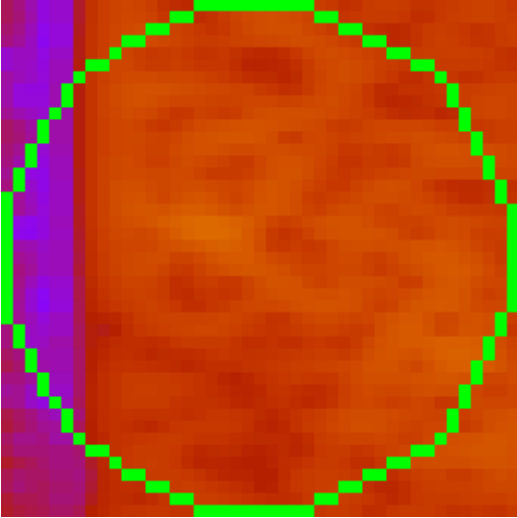
¹⁾23 ページを参照して下さい。

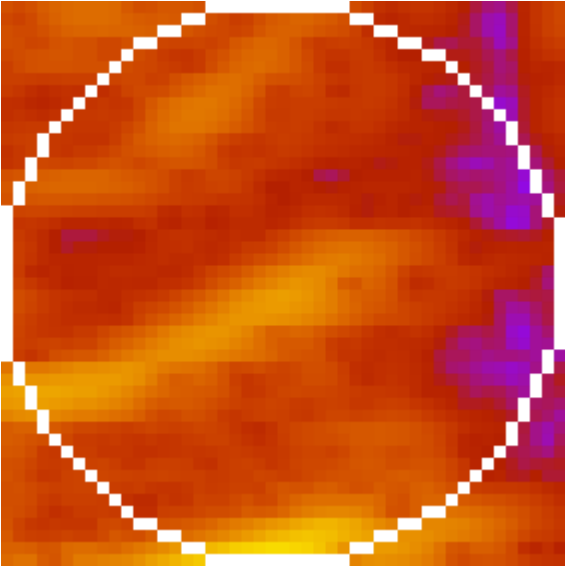
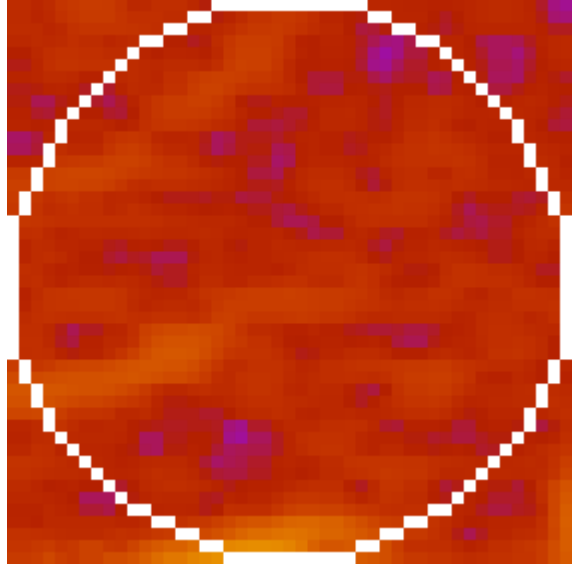
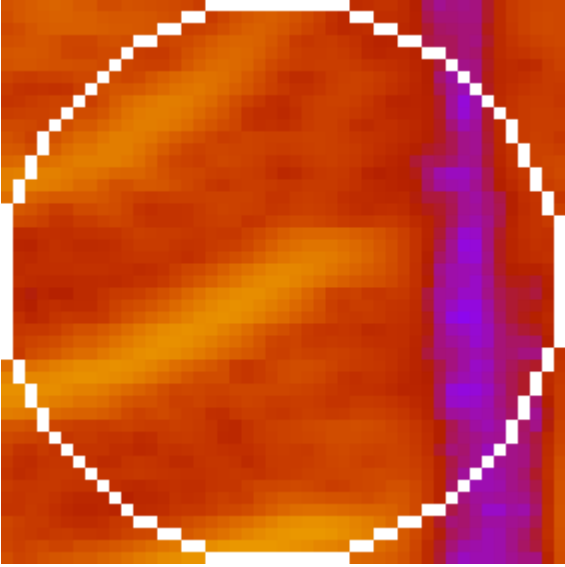
集団ストーカー、パルス特性を持つ電離性と推定される電磁気による身体攻撃、思考盗聴と電磁気によると思われる音声送信被害、これらの被害に遭っている被害者等が記録した音声からは、例外なく原因不明の超低周波の振動現象が記録されています。この分析には、FFT とスペクトログラムを用いています。(2009.08.13 14:29 加筆修正)

印の付けてあるグラフ位置の拡大図(六倍)を次のページに掲載します。グラフの順番は、これまでの通りに、原音、録音後、室内インパルス応答を原音に畳み込み、の順となっています。(2009.08.11 加筆修正)









盗聴とスペクトルの異常に関する概念図です。

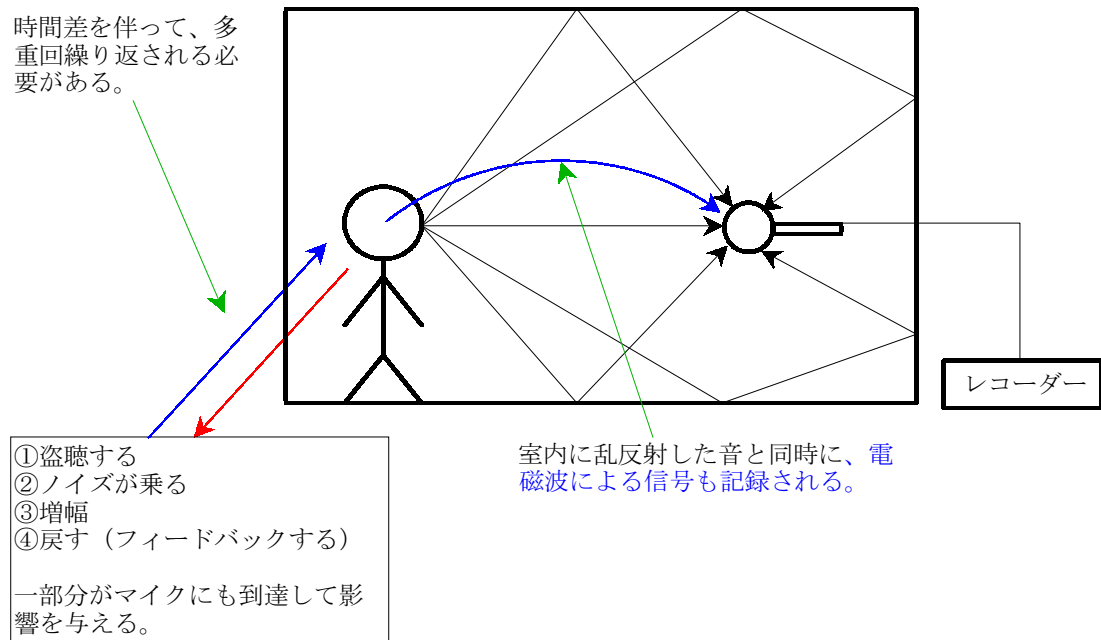


图 7: 概念图

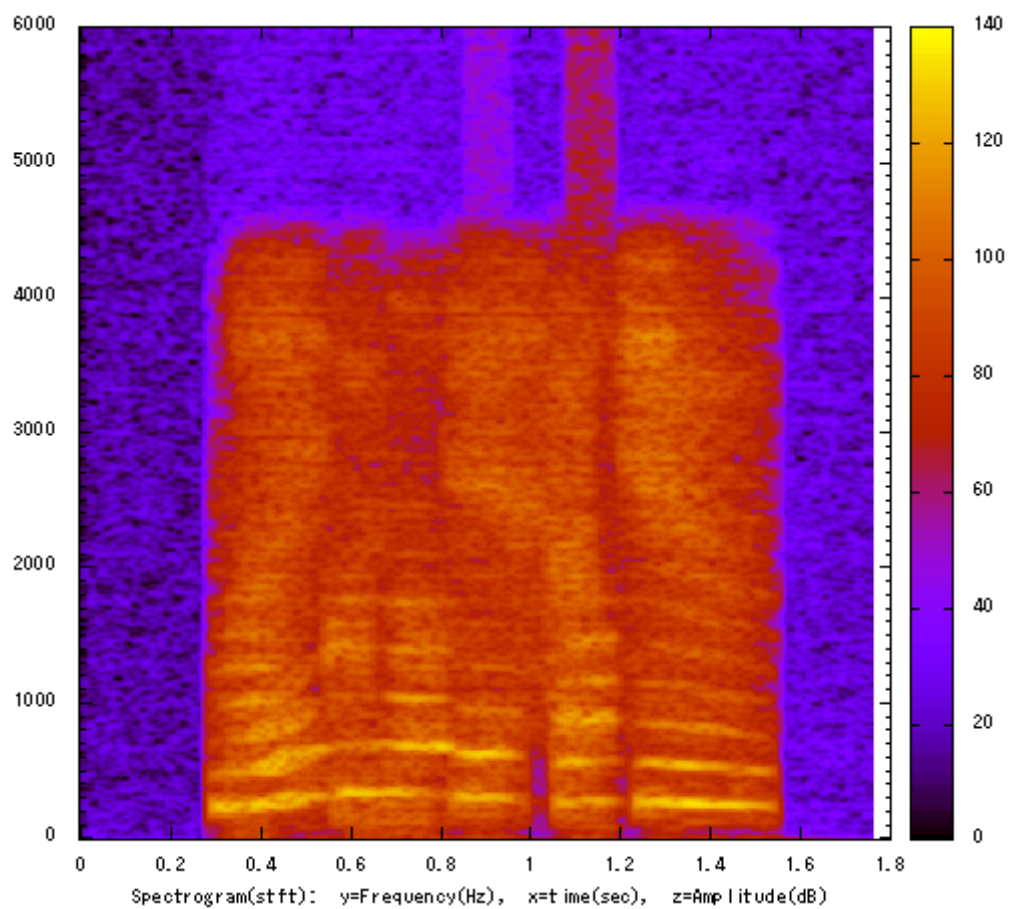


図 8: 原音にランダムノイズを畳み込み

ランダムノイズの条件

サンプリング周波数、44100Hz

4096 ポイント (0.093 秒) 矩形波窓を使用

上のグラフは、0.093 秒のランダムノイズを畳み込みしたグラフです。

2.3 思考盗聴の可能性

非侵略的な手法で脳内の活動電位を知る方法は、今の所、脳波計以外には知られていません。他の高度な科学技術を駆使した場合でも、脳の活動を知るには、侵略的な方法を探らざるを得ないのが、現代の技術の限界だと思います。

この事を頭念に置き、更に独自の研究を合わせて考えますと、意外な結論に到達するのです。電磁ノイズを観測、分析する最中、非常に特徴のある電磁ノイズが、被害者に照射されている事実気付きました。被害者の声の声紋が異常な形で寸断されるのです。或いは、声紋のスペクトルの一部分が消滅するような、電磁ノイズが重畳すると言った感じでしょうか。

侵略的な方法を駆使し、思考を盗聴する事が可能な原理が存在するとすれば、何らかの形で、脳波と検出信号との間に、フィードバックがあるに違いありませんが、その信号の一部分を検出した、と言った方が分かり易いかも知れません。

脳は微弱な電磁波を出していますが、それだけではなく微弱な音波振動（マイクロ・バイブレーション）が発生しています。この微弱な振動を、スペクトラム拡散方式の電磁波レーダーを用い、ドブラー効果を利用して微小変位を検出する事で、脳内の活動状態を知る事ができます。誘発耳音響放射を利用して、被害者が可聴している音を、遠距離から盗聴する事も可能な筈ですし、レーザー盗聴器のメーザー版と言った所ですが、コンクリートも透過する事が決定的な違いです。

更に、聴覚器官に対して電磁パルス照射する事により、脳内の活動電位（聴覚誘発電位）を変化させる事ができます。聴覚器官からの信号と、思考による脳内信号に干渉が発生するのです。影響を与える為の信号は簡単に探知できるでしょうから（加害者が自ら放ったのだから）、干渉を起こして変動した信号が、思考中の脳内言語による信号という事になります。

侵略的な方法を駆使する事で、思考波（脳内パルス信号）を推定する事ができる分けです。聴覚器官の有毛細胞は、電磁氣的に言って半導体に使われている水晶と同じ特性を持っています。水晶に電圧を加えると、水晶は物理的な形状変化を起こします。周期的な電圧変動に対して音波振動するのです。これは、逆も理であり、水晶に音波振動を加えると、水晶には電氣的な振動が発生します。コンピューター、腕時計などに使用されている水晶発信器は、この原理を利用して水晶を小型の音叉として使用しています。

しかし、聴覚器官の場合は水晶とは異なる事として、電圧（電界の変化）に対して桁違いに高感度な事が分かっています。音波振動と電気振動の、超高感度な可逆変換機（双方向コンバーター）だということです。

この盗聴は侵略的とは言っても、盗聴されている被害者に気付かれる事無く可能だと判断できます。

人が言葉を話す時、自らの発声による音声を認識して、発声に問題がないかチェックして、絶えず修正しているのですが、このフィードバック機構は、発声を伴わない脳内言語だけの時も機能していると考えられます。

多少の影響がある程度の変動を加える事で目的は果せる分けです。次のように言い換える事もできます。呼吸は絶えず意識してコントロールしていませんが、生きている限り続きますし、たとえ睡眠中で意識が無くともです。身体の大部分は自動的にコントロールされていますし、身体の

僅かな変位は意識には上がらない機構が、人体には備わっているのです。体の異変に気付かずに病が重症化してしまう事も、これで説明が付きます。

2.4 超音波に関して

超音波による被害を訴えている被害者も多く存在しますが、その計測結果を拝見しますと、計測された値はとても小さく、人に危害を加える事が可能なレベル（音圧）とは判断できませんでした。

ネット上での調べでは、超音波検出器を自作して、計測を行っている被害者も少なからず存在します。しかし、使用されているセンサーの特性を考慮して判断しますと、検出されている超音波の出力は小さいです。センサーの特性を調べる事と、オシロスコープのスケールを読む事が可能であれば、この事は誰でも知る事ができると思います。特別な発言をしている分けではありません。

音圧レベルに直すならば、数十デシベル、人が話をする音圧よりも小さいレベルと換算できます。因みに、コウモリが出す音は、口元 1cm の所で 100 デシベルとの事です。これは、削岩機を使用している音よりも 10 デシベル程大きいとあります。この事から考えても、検出されている超音波の出力は小さい事が分かります。コウモリが目の前を飛んでいる事で、人はその超音波を感じ取れませんし。

電磁波を用いて敏感な聴覚細胞（有毛細胞）を刺激する事で、音を知覚させる事は可能だと判断できますし、低周波被害に関しても同じ事です。被害者の訴えの中に、ラップ音の発生が上げられますが、高出力な電磁パルスで、水分を含む物体に照射すれば、熱膨張により、物体に特有の衝撃音が発生します。

この衝撃音の場合、特徴的な事として、非常に広範な周波数特性を持つ事が知られています。特にレーザーを使用した探査機に、この原理が多用されています。この原理をレーザー・アブレーションと言います。マイクロ波でも同じ事です。例えば、電子レンジを使用して物体を暖める事ができますし、現在の技術では、超高出力なマイクロ波を発生する事は簡単な事です。高出力、短時間の、所謂電磁パルスを人体に照射する事で、人体を振動（音波）させる事は簡単にできる筈です。

超音波騒動の場合、恐らく、電磁ノイズと、電磁パルスによる衝撃音を捉えているのだと思います。或いは、回路も含めて、センサーに直接電磁ノイズが混入する事も考慮しなければなりません。

オシロスコープでは超音波による波形を的確に捉える事が出来ない原理があります。それは、シンクロ（同期）という問題です。ビデオで録画した波形では論外です。専用の撮影用ポラロイドを使うか、ストレージ・スコープを使わなくてはなりません。グラフは正確に描いて、初めて意味を持つ物ですし、複数のグラフを重ね書きした状態の波形を見て、大切な事を結論する事はできません。

この被害は、超音波では出来ない理由が存在することも事実なのです。電磁波とは異なり、超音波の場合は、空気中から硬い物体の中には浸入できない原理が存在しています。これは、物理的な現象であり、再現性のある現象です。厚手のカーテンを一枚隔てただけで、超音波は反射してしまい、それ以上先に浸入する事が出来ません。

超音波の伝播特性を調べておく事は重要です。いずれにしても、物理的な現象ですから、電磁

波、超音波を問わずに、科学的な捉え方をしませんでした、いつまでも曖昧なまま、被害だけが続く事になります。

大切な事は、検出された超音波の出力は小さいと言う事です。超音波を変調する事で、小さな音を聞かせる事は出来るかも知れませんが、かなりの指向性が発生する筈ですから、音の発信源を正確に探れるでしょうし、耳を塞げば音は聞こえなくなります。繰り返しますが、これは超音波の物理的な特性です。

人に痛みを与えたり、火傷を負わせるような高出力な超音波が使われれば、人以外の動物が極端に反応するでしょうし、それと分かる複数の異変が発生する筈です。

3 証明とプライバシーに関して

この被害と戦う為には、知識と正確な情報が必要不可欠ですが、それは、科学の力を駆使する必要があるからです。誰でもが検証できるように、証明しなければならない分けです。

被害者に対する "偏見の目" は、意図されたように工作的です。丁度、エイズが蔓延する前の "偏見"、同性愛者達だけの病というような "偏見の目" とも類似していると観じます。エイズは故意に撒かれた細菌兵器だと主張する人たちもいますが、意図されたように工作的だという印象が、そのような噂の根拠なのでしょう。

そして人類は、明らかにエイズに対する判断を誤りました。その結果、エイズが蔓延してしまったのです。エイズについての細菌説は、真意の程は分かりませんが、この被害（集スト、電磁気）に関しては、明らかに工作的な情報操作が行われていると思います。

エイズ問題の 50% は、最初に、誤った情報の伝播と、誤った情報から導かれた分析結果が存在し、誤った判断の結果、生じた人災です。この事は、如何に正確な情報と分析が必要かを教えてくれます。大勢の言う事が、たえず正しいとは限らない事の証でもあります。

犯罪、犯罪者と戦うのに遠慮は要らないと思います。しかし、その為に駆使する方法論は、人の人生を決定してしまいます。

混沌、混乱、迷い… さまようのはもう十分です。真実（本当の事）を知りたい分けです。事実を幾ら集めてもみても、真実に至る事などありはしないし、真実に至るところか、かえって迷ってしまう。真実に至るには方法論を変えざるを得ない。

何が偽りで、そして、何が正しいのかを正す事ができない限り、迷いと被害は続く。科学的な手法によらない限り、この問題が解決する事はないと思う。

3.1 証明の他のアプローチ

インターネット上での情報の交換法としては、メール、掲示板の書き込みなどがありますが、何れの方法を使用しても、必ず利用者の情報が不必要に漏れています。例えば、IP アドレスが、伝播経路に存在するサーバーに伝わりますが、IP アドレスから、発信した所在地などが分かりますし、場合によっては発信者本人を特定する事も可能な分けです。このような事情から、暗号化もせずにメールなどを使えば、個人情報情報を故意に漏らしているも同様な状況にある分けです。

脳波盗聴、思考盗聴、集団ストーカー等の被害を訴えた所で、平素からプライバシーを十分に守らずに、このような仕組みを使うのであれば、鍵を掛けずに外出して、空き巣に入られたと主張するようなものです。或いは、エンジンを掛けたまま、買い物に出ると言った所でしょうか。恐らく、一時間後には、車は止めた位置には無い事でしょう。ネット上の掲示板の書き込みを閲覧していますと、この事を指摘して、被害者を笑い者にする書き込みも少なからず発見できます。確かに被害者にも落ち度があると思います。

いずれにしても、既に盗聴されているのですから、盗聴に関する限り、現時点では、防衛法などある筈もないでしょう。盗聴の原理と、その防衛法が判明でもない限りは …

しかし、別のアプローチもあると思います。
高度な暗号化を利用してメール等の通信を行う事で、得られる事が二つほどあります。

一つ目としては、高度な暗号を利用して通信を行っているのですから、情報が漏れるとすれば、テンペスト、脳波盗聴？その他の不当な盗聴によるものに違いありませんから、盗聴の証明がなされます。

二つ目としては、署名を施す事が可能になります。確かに本人からの情報だという事が確率的に保証されます。

パスワード、秘密鍵が盗まれれば問題が発生しますが、犯人が盗んだ鍵を、被害者を混乱させる為に使用したとすれば、空き巣に入られた事が判明しますし、新しい鍵を作成する事は簡単にできますから、重要な情報を交換する前には、鍵を作り直すぐらいの注意も必要かも知れません。

いずれにせよ、ネット上で、平文のままで情報を交換するのは、“はがき”を使うのと同じ事です。“はがき”にはそれなりの使い道はありますが、被害に関する訴えなどを“はがき”で行うのは、問題が大きい事は確かですし、せめて封書を利用する事で、愉快犯的な盗聴は防げます。

軍事用に匹敵する高度な暗号化を、無償で利用できますし、少しの努力で、被害者に対する評価を大きく変える事ができます。望むのであれば、匿名でも暗号化通信を行う事が可能ですし、利用に際しての問題があるとすれば知識とスタンスの違いでしょうか。暗号は絶対に使わないという、信念でもあるのなら話は別ですが、そうでない限り検討すべきです。

ネット上の問題を前提とした、警察の相談窓口（ホームページ）でも、公開鍵が貼られるようになって来ました。個人情報情報を保護する事が目的の処置ですが、個人情報保護法案が成立したのも束の間、盗聴法が成立して、市民を無差別に盗聴する警察部門もできました。この事は、技術的に通信を傍受する事は、幾らでも出来る事の証明でもあります。何とも矛盾した話ですが、警察もプライバシーを守る意志を現している事は確かです。

自分のプライバシーは、自分で守るより他に方法がない分けですが、被害者の記録した電磁ノイズの分析を行うにしても、理由が有って、署名の必要が生じました。この被害と戦うには、必

要不可欠な技術だと判断しています。

軍事用に匹敵する強力な暗号を、プライバシーの保護、盗聴からの防衛ではなく、被害による盗聴の証明に用いるのです。PGP の利用者数は決して少ない訳ではありませんし、プライバシーの問題には人一倍、関心が高い筈ですが、この人達にも、被害を訴える事が可能になります。問題を提起するには好都合です。

3.2 高度な暗号を使う上で必要な概念に関して

公開鍵暗号の基本的な解説

鍵を生成する事で、秘密鍵（プライベート・キー）と、公開鍵（パブリック・キー）が得られます。（鍵ペア）この二つの鍵は、加逆的な性質を持ち、暗号化と署名を施すための基本的な条件を満たしています。つまり、同時に生成した二つの鍵は、ペアで使用して暗号が機能する分だけです。

通常、暗号化は相手の公開鍵を使用して暗号化し、相手に電子文書として送り届ける事になりますが、ホームページ、掲示板などに直接貼り付けることも可能です。この際に、同時に署名を施す事も出来ますし、通常は署名を施します。相手は、自分の秘密鍵を適用する事で、元の文面を得ます。

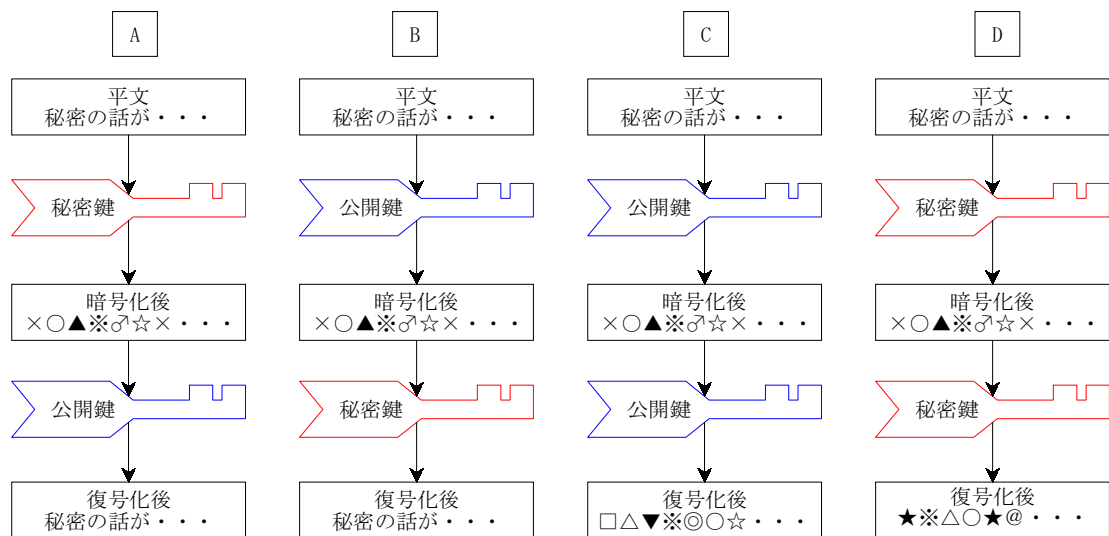
添付されている署名は、ペアの公開鍵で検証する事になります。

署名の場合は、自分の秘密鍵を使用して署名を施します。署名は電子文書として相手に送り届けるか、ホームページ、掲示板などに直接貼り付けることも可能です。相手は、公開されているペアの公開鍵を適用する事で、署名の適正を確認します。秘密鍵は、鍵を作成した者が大切に保管していますし、世界で一つしかない鍵ですから、署名が適正であれば、本人からの情報と判断できる仕組みです。

二つの鍵ペアを適用するにあたり重要な事としては、組み合わせ論的に言って、四通りの計算が考えられますが、この内、適正に利用できるのは下図の A, B の二つだけだと言う事です。 A は署名の時に使用され、 B は暗号の時に使われます。 A の場合は自分の鍵ペアですが、 B の場合は相手の鍵ペアとなります。

つまり、相手の公開鍵で暗号化すると、相手の秘密鍵を適用しない限り復元は不可能ですから、暗号化した本人でも元に戻せなくなるのです。

後でメールを確認する際に困りますから、自分の公開鍵と相手の公開鍵（複数可能）を同時に使用して暗号化します。複数の公開鍵を使用して暗号化しますと、使用した鍵の数と同じ数の暗号化が繰り返され、結果として、複数の秘密鍵で復号できるようになります。複数の人に同じメールを送るのに便利な機能ですが、自分のためにも使用する分だけです。



従来から存在する共通鍵方式と公開暗号方式での決定的な違いは、鍵の数と、その処理スピードでしょうか。共通鍵方式は鍵は一つで、暗号の時と復号の時で同じ鍵を使います。そして、非常に高速です。対して、公開鍵方式には鍵は二つあり、使用に二通りの組み合わせがあり署名にも使えます。そして、非常に計算量が多く重いのです。

しかし、二つの方式を上手く組み合わせる事で、問題は解決します。高速な共通鍵を通信相手に送り届けるためにだけ、公開鍵を使えば良いのです。重い計算は少しで済みますし、大量の暗号は高速な共通鍵に任せます。公開鍵方式とは言いましても、普通はこのように共通鍵を組み合わせる事になるのです。

公開鍵暗号を使用するにあたり、予め知っておかねばならない事としては次の通りです。

- 鍵とハッシュの種類
- 鍵の生成法と鍵長の選択
- 鍵のインポートとエクスポートの方法
- 暗号化と署名の方法
- 復号化の方法

ハッシュとは、別名、メッセージ・ダイジェスト、或いは、フィンガー・プリントと言いますが、これは、暗号化とは異なり、あくまでも原文に対するサイズの小さい要約の事です。主に署名をする際に使用されます。

原文が決まれば、一意に決まりますが、しかし、そのハッシュ値からは原文が分からないように工夫されているのです。計算されたハッシュ値が同じと言う事は、"原文が同じである"と見なされわけですが、実際にはハッシュが衝突した場合は、これは言えません。しかし、衝突の確率は小さいので通常衝突を無視して扱う分けです。

ハッシュの種類としては、次のような物があります。MD5, SHA1, SHA256, SHA384, SHA512,

RIPEMD160, ... etc 最近、ハッシュの衝突に関する問題が指摘されており、使用に際しては注意が必要です。具体的には、MD5 は、再現性が高い形で、偽装が可能だと指摘されています。MD5 はハッシュサイズも小さいですし、古くからあるものですので、実用としては、これ以降に開発されたハッシュを使う方が良いと考えられます。例えば、SHA1 です。

共通鍵の種類としては、DES, 3DES, CAST128, CAST256, BLOWFISH, AES, AES192, AES256, TWOFISH, IDEA, ... etc DES は古くからあるもので、日本でも銀行などで使われている方式ですが、これを三回繰り返して暗号化する事で、実質的な鍵長を長くしたのが、3DES です。DES の鍵長は 56 ビットですが、もうこれでは鍵長が短すぎるのです。現在、DES はパソコンでも解読できると言われています。

AES は、それまで利用してきた DES に代わって、アメリカが一般から募集した暗号方式です。鍵長は可変できます。惜しくも、選ばれなかった暗号方式もありますが、例えば、BLOWFISH, TWOFISH などです。性能的には AES とほぼ同等か、それ以上と評価される場合もあります。恐らく暗号強度と暗号化のスピードに依存する問題でしょう。

IDEA はヨーロッパで開発され、特許がありますので自由には使えませんが、ライセンスを購入すれば商用利用も可能なようです。

公開鍵の種類としては、利用可能なものは共通鍵方式に比べかなり少ないです。RSA, ElGamal(DH), ECC, 署名専用の DSA, ... etc いずれも素数問題、離散対数問題、素因数分解の困難さを利用したものです。正則ではない、高次数行列の逆行列問題を利用した、新しい方式も開発されているようですが、現在はまだ利用されていないようです。個人的には期待が大きいです。

私のお薦めとしては、共通鍵暗号は *AES128* か *AES256* ハッシュは *SHA1* です。公開鍵は *RSA* がお気に入りです。鍵長は *2048* で十分だと考えていますが、*AES128* と同等の強度を持つ *RSA* の鍵長は *3072* ぐらいと言われています。しかし、よほど重要な情報を扱うのでなければ、そこまで気にすることもなく、デフォルトの *2048* を使うべきでしょう。デフォルトの設定は最適化により、鍵の生成時間も高速化されています。

押さえておくべきポイントを、手短かにまとめてみました。

4 分析に必要な基礎公式（備忘録として）

分析に必要な基礎的計算の概念としては次のものがあります。

相関

自己相関係数、相互相関係数、語源の通り波形の類似性を計る尺度。値が 1 に近い程、類似性は高いと評価され、0 に近ければ類似性は低いと評価される。

自己相関関数、相互相関関数、信号分析で用いている計算は、統計学で用いられる相関値とは少し異なり、時間位置毎の相関値を必要とする為、FFT を利用して計算を行う。正規化されずに用いられる事も多く、この場合、時間位置毎の共分散値を求める事に等しい。また、連続相関、連続共分散とも言われる。ページ No38、式 (22)、(23) を参照。

コンボリューション（畳み込み積分）

例えば音の場合、山彦のように複数の反射があるとして、反射の様子は伝達関数で記述が可能であり、音の波形に伝達関数を畳み込む事で、山彦の様子が再現された波形が得られる。

連続相互相関、連続自己相関、連続共分散を求めるにも用いられる。通常 FFT（高速フーリエ）によって計算を行う。

デコンボリューション（逆畳み込み積分）

コンボリューションの逆の操作。

ラプラス変換

この変換を用いる事で、高次微分方程式を代数方程式の問題に置き換える事ができる為、非常に重要であり、フーリエ変換との関連として、ラプラス変換の過渡項を除いた部分がフーリエ変換と等価となる事から、極めて重要な変換と考えられる。

フーリエ変換（周波数分析）

時間軸から周波数軸への変換。振幅の変化を、周波数の変化に変換してグラフ化したもので二次元グラフとなる。この変換は非常に重要。高速にフーリエ変換する為の理論を FFT（高速フーリエ変換の略）と言う。FFT により計算が高速化される事もあり、工学では使用頻度がきわめて高い。

FFT により連続相関を高速に計算可能。ページ No38、式 (22)、(23) を参照。

短時間フーリエ変換（STFT）

周波数分析の結果を、更に、時間軸に並べてグラフ化したもの。つまり、周波数の変化の様子が分かる。この為、三次元グラフとなる。声紋の分析で必須であり、スペクトログラム又は、ソノグラムと表現される事もある。

フィルター

特定の周波数の信号レベルを増減する変換。必要な周波数帯域だけを残したり、逆に不必要な周波数帯域をカットする事ができる。位相の変化が生じる為、位相特性に注意する必要がある。この為、オーディオ用と異なり、分析では線形位相のフィルターを使用する必要がある。

インパルス応答の計測

伝達関数の記述、伝達関数を求める事。線形システムの挙動を正確に記述する事であり、基礎的であり重要なデータとなる。山彦に例えるならば、複数の山彦があると仮定して、個々の音が反射してくる時間位置を記述する事であり、波動の反射条件（エコー）を記述する事と考えられる。

伝達関数

伝達関数とは、初期値がすべて 0 の時の、出力と入力のラプラス変換の比である。

伝達関数とは、初期値がすべて 0 の時の、入力として単位インパルス $\delta(t)$ を加えた時の、出力のラプラス変換後の関数 $G(s)$ である。（インパルス応答のラプラス変換、フーリエ変換が直接、伝達関数となる事の根拠）

入力信号を $f(t)$ とし、伝播要素（伝達回路）の出力を $y(t)$ 、また、そのラプラス変換を、それぞれ $F(s)$, $Y(s)$ とすると、伝達関数 $G(s)$ は、

$$G(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} \quad \dots \dots \dots (1)$$

となる。

概念的に、ラプラス変換後は、 $F(s) \rightarrow \boxed{\begin{matrix} \text{伝達関数} \\ G(s) \end{matrix}} \rightarrow Y(s)$, $Y(s) = F(s)G(s)$ と表記可能で、伝達関数 $G(s)$ は単なる変換要素と考えられ、掛け算により入力と出力の関係が表される。

時間領域では、 $f(t) \rightarrow \boxed{\begin{matrix} \text{伝達要素} \\ w(t) \end{matrix}} \rightarrow y(t)$, $y(t) = f(t) * w(t) = (f * w)(t)$ となり、 $w(t)$ を重み関数と言う。 $*$ はコンボリューション演算子。

したがって、コンボリューション積分（演算）は、関数をラプラス変換（フーリエ変換）後、掛け算により計算可能となり、FFT を使用する事で、高速にコンボリューション演算を行える事になる。

単位インパルス

高さが無限大で、時間幅が零のパルス。したがって、形状は $0 \times \infty$ であり不定形となる。パルスの面積が 1（単位）となるものを単位インパルスと言う。明らかに超関数であり、よく用いられる定義は、

$$\delta(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \delta_{\Delta}(t), \quad \delta_{\Delta}(t) \begin{cases} \frac{1}{\Delta} & (-\frac{\Delta}{2} \leq t \leq \frac{\Delta}{2}) \\ 0 & (|t| > \frac{\Delta}{2}) \end{cases} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\delta(t) \begin{cases} \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1 \\ \delta(t) = 0 \quad (t \neq 0) \end{cases} \quad \dots \dots \dots (3)$$

そして、連続関数 $f(t)$ に対して、

$$f(t_0) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \delta(t - t_0) \dots\dots\dots (4)$$

δ 関数のラプラス変換は、(過渡項を無視して)

$$\mathcal{L}[\delta(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) e^{-i\omega t} dt = 1 \dots\dots\dots (5)$$

この時、逆変換は、

$$\delta(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega t} d\omega \dots\dots\dots (6)$$

この式は、位相の揃った正弦波の合成が、インパルスになる事を示している。インパルスは無数の正弦波によって組み立てられている事を示している。

基礎的な公式

ラプラス変換の公式

$$F(s) = \mathcal{L}[f(t)] = \int_0^{\infty} f(t) e^{-st} dt \quad (7)$$

$$f(t) = \mathcal{L}^{-1}[F(s)] = \lim_{p \rightarrow \infty} \frac{1}{2\pi i} \int_{c-ip}^{c+ip} F(s) e^{st} ds \quad (8)$$

$$\mathcal{L} \mathcal{L}^{-1} = \text{identity}$$

変移定理

$$e^{\alpha t} \cdot f(t) = \mathcal{L}^{-1}[F(s - \alpha)] \quad (9)$$

変時定理

$$e^{-\alpha s} \cdot F(s) = \mathcal{L}[f(t - \alpha)] \quad (10)$$

相似定理

$$f(at) = \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{1}{a} F\left(\frac{s}{a}\right) \right] \quad (11)$$

相似定理

$$F(as) = \mathcal{L} \left[\frac{1}{a} f\left(\frac{t}{a}\right) \right] \quad (12)$$

フーリエ変換の公式

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (13)$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (14)$$

短時間フーリエ変換 (short-time Fourier transform, short-term Fourier transform, STFT)

$$STFT_{x,w}(t, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) w(\tau - t) e^{-i\omega \tau} d\tau \quad (15)$$

離散時間に関する STFT

$$STFT_{x,w}(n, \omega) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[n+m] w[m] e^{-i\omega m} \quad (16)$$

$w[n]$ は窓関数、 $x[n]$ は変換する関数。 n は離散値、 ω は連続でも可能

不確定性原理 (フーリエ変換の不確定性原理)

$$\Delta x \Delta \omega \geq \frac{1}{2} \quad \dots \dots \dots (17)$$

畳み込み積分 (コンボリューション)

$$(f * g)(t) = \int f(\tau) g(t - \tau) d\tau \quad \dots \dots \dots (18)$$

$$F(s) = \mathcal{L}[f(t)], G(s) = \mathcal{L}[g(t)], H(s) = F(s)G(s), \mathcal{L}^{-1}[H(s)] = (f * g)(t)$$

離散値に対する畳み込み積分

$$(f * g)(m) = \sum_n f(n) g(m - n) \quad \dots \dots \dots (19)$$

自己相関係数

平均を μ , 分散を σ とすると、

$$R(t, s) = \frac{E[(X_t - \mu)(X_s - \mu)]}{\sigma^2} \quad \dots \dots \dots (20)$$

相互相関係数、2つのデータ列 $x = \{x_i\}, y = \{y_i\} (i = 1, 2, \dots, n)$ とすると、

$$\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \dots \dots \dots (21)$$

ただし、 $\bar{x}, \bar{y}$ は、データ $x = \{x_i\}, y = \{y_i\}$ の相加平均、また、この式は共分散をそれぞれの標準偏差で割ったものに等しい。

相互相関関数 (Cross-Correlation Function)

畳み込み積分 (コンボリューション) を用いて計算する事ができる。定義は、

$$z(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) x(t + \tau) dt \quad \dots \dots \dots (22)$$

自己相関関数 (Auto-Correlation Function)

自己相関関数は、それ自身の時間反転した値を、それ自身に畳み込む事で計算できる。時間反転により、共役が得られる事は、相似定理、式 (11)、(12) により分かる。相似定理を考慮して、補正後に、相互相関関数の式 (22) を用いて計算を行う事ができる。

$f(t)$ を信号とし、 $\bar{f}(t)$ をその共役、 $R_{ff}(\tau)$ を自己相関関数とすると、

$$R_{ff}(\tau) = \bar{f}(-\tau) * f(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t + \tau) \bar{f}(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \bar{f}(t - \tau) dt \quad \dots \dots \dots (23)$$

となる。これは、コンボリューション演算であり FFT により高速に計算が可能となる。